

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»

Кафедра «Сварочное  
производство»

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>Разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки котла вагона-цистерны</b>

УДК 621.757:621.791:621.18:629.463.3.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А42	Габитов Э.К.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крюков А.В	Доктор т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крюков А.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Нестерук Д.Н.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

И.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

Юрга – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Кафедра «Сварочное производство»

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. зав. кафедрой  
Д.П. Ильященко  
(Ф.И.О.)

(Подпись)

(Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломный проект
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
10А42	Габитов Эльнур Каисарович

Тема работы:

Разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки котла вагона-цистерны	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	25.01.2018 г. № 7/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p style="text-align: center;">Материалы преддипломной практики</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы.</li> <li>2. Объект и методы исследования.</li> <li>3. Результаты проведенного исследования.</li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ФЮРА 000001.062.00.000.СБ Котел цистерны. 2 листа (А1)  ФЮРА.000002.062.00.000.СБ Портальная установка 2 листа (А1)  ФЮРА.000003.062 ЛП План участка 1 лист (А1)  ФЮРА.000004.062 ЛП Вентиляция Формат 3-(А3)  ФЮРА 000005.062 ЛП Карта организации труда 1 лист (А1)  ФЮРА 000006.062 ЛП Нагрузка расчетной модели 1 лист (А1)  ФЮРА 000007.062 ЛП Экономическая часть 1 лист А1
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Технологическая и конструкторская часть	Крюков А.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Нестерук Д.Н.
Социальная ответственность	Солодский С.А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2018
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крюков А.В	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А42	Габитов Э.К		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»

Кафедра «Сварочное  
производство»

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017 – 2018 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Срока сдачи студентом готовой работы	08.06.18
--------------------------------------	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.03.2018	Обзор литературы	20
14.04.2018	Объекты и методы исследования	20
20.04.2018	Расчет и аналитика	20
07.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
28.05.2018	Социальная ответственность	20

**Составил преподаватель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крюков А.В	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

Юрга – 2018г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
10А42	Габитов Э.К.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	Машиностроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>
<i>Оценка стоимости производства по базовому технологическому процессу участка сборки-сварки котла-вагона цистерны</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>
1. Капитальных вложений в здание
2. Капитальных вложений на сварочное оборудование
3. Капитальных вложений на сборочно-сварочное приспособление и оснастку
4. Затрат на сварочное оборудование
5. Затраты на металл идущий на изготовление изделия
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Нестерук Д.Н.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А42	Габитов Э.К.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10A42	Габитов Э.К.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:	Вредные и опасные производственные факторы, возникающие на участке сборки сварки основания.
Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.
3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.).
4. Охрана окружающей среды:	Вредные выбросы в атмосферу.
5. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Перечень наиболее возможных ЧС на объекте. Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Проектирование системы или устройств, улучшающих условия труда.
Перечень графического материала	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Система вентиляции участка.



<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой БЖД и ФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А42	Габитов Э.К.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 92с, 4рисунка, 20таблиц, 15 источников, 3 приложения, 11 л.графического материала.

Ключевые слова: котел вагона-цистерны, технологический процесс, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, приспособление, методы контроля.

Объектом исследования является котел вагона-цистерны.

Цель работы – разработка технологии и проектирование участка сборки-сварки котла вагона-цистерны

В процессе работы рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы сборочные и сварочные операции. В результате проведенной работы разработан технологический процесс.

ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word2016, чертежи выполнены в программных комплексах КОМПАС–3DV16, SolidWorks 2017. Технологический процесс разработан в программе СПРУТ-ТП.

Работа представлена на диске (в конверте на обороте обложки).

## Abstract

Graduation qualification work - 92 pages, 4 drawings, 20 tables, 15 sources, 3 applications, 11 sheets of graphic material.

Key words: boiler tank, wagon - tank, technological process, welding modes, welding current power, welding equipment, adaptation, control methods.

The object of the study is the boiler of a tank wagon.

In the process of work, welding modes are calculated, welding equipment is selected, and assembly, welding operations are normalized. As a result of the work, a technological process was developed.

GQW is executed in the text editor Microsoft Word2016, the drawings are executed in the program complexes KOMPAS-3DV16, SolidWorks 2017.

The technological process is developed in the SPRUT-TP program.

The work is presented on the disk (in an envelope on the back of the cover).

## Определения, обозначения, сокращения

ЕСТД – Единая система технической документации

КПД – Коэффициент полезного действия

ВКР – Выпускная квалификационная работа

НД – Нормативный документ

СН – Санитарные нормы

## Оглавление

Введение	16
1 Обзор литературы	18
1.1 Анализ существующих конструктивных решений котлов вагонов-цистерн	18
1.2 Виды и формы котлов вагонов-цистерн	19
1.3 Общие технические требования к конструкции вагонов-цистерн	19
1.4 Сравнительный анализ технических решений	20
2. Объект и методы исследования	26
2.1 Формулировка проектной задачи	26
2.2 Теоретический анализ	27
3 Результаты проведенного исследования	29
3.1 Инженерный расчет	29
3.2 Выбор способа сварки и сварочных материалов	29
3.2.1 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки	37
3.2.2 Расчет режимов сварки	40
3.2.3 Расчет режимов полуавтоматической сварки	40
3.2.4 Технологический раздел	41
3.2.5 Технологический анализ выбранного производства	41
3.2.6 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции	43
3.2.7 Выбор технологического оборудования	45
3.2.8 Контроль технологических операций	46
3.2.9 Разработка технической документации	50
3.3 Конструкторская часть	51
3.3.1 Общая характеристика механического оборудования	51
3.3.2 Пространственное расположение производственного процесса	52

3.3.3 Состав сборочно-сварочного цеха	52
3.3.4 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха	53
3.3.5 Расчет основных элементов производства	54
3.3.6 Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции	63
3.4 Методы контроля	69
3.4.1 Общие требования	69
3.4.2 Визуальный и измерительный контроль сварных соединений	70
3.4.3 Радиографический и ультразвуковой контроль сварных соединений	71
3.4.4 Испытания на прочность и герметичность	71
3.5 Результаты проведенного исследования	72
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73
4.1 Определение капитальных вложений в сварочное оборудование	74
4.2 Определение капитальных вложений на сборочно-сварочное приспособление и оснастку	74
4.3 Определение капитальных вложений в здание	75
4.4 Определение затрат на сварочное оборудование	75
4.5 Затраты на металл идущий на изготовление изделия	76
5 Социальная ответственность	78
5.1 Описание рабочего места	78
5.2 Законодательные и нормативные документы	79
5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	81
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	84
5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	84
5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	87
5.5 Охрана окружающей среды	88

5.6 Защиты в чрезвычайных ситуациях	89
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	89
Заключение	90
Список литературы	91
Приложение А Спецификация котел цистерны	
Приложение Б Технологический процесс	
Приложение В Спецификация порталная установка	
Диск CD-R	В конверте на обложке
Графическая часть	На отдельных листах
ФЮРА 000001.062.00.000.СБ Котел цистерны. Сборочный чертеж	Формат 2-А1
ФЮРА 000002.062.00.000.СБ Портальная установка	Формат 2-А1
ФЮРА 000003.062 ЛП План участка	Формат А1
ФЮРА.000004.062 ЛП Карта организации труда	Формат А1
ФЮРА.000005.062 ЛП Нагрузка расчетной модели	Формат А1
ФЮРА 000006.062 ЛП Схема вентиляции	Формат 3-А3
ФЮРА 000007.062 ЛП Экономическая часть	Формат А1

## Введение

Проектирование вагонов является сложной инженерной задачей, обеспечивающей безопасность движения поездов. В значительной мере оно влияет на технико-экономические показатели всех подразделений железных дорог и многих отраслей народного хозяйства и населения страны, пользующихся услугами железнодорожного транспорта. Вагон представляет собой сложную систему, включающую механические, электро-теплотехнические и другие подсистемы [1-2].

Котел вагона-цистерны представляет собой горизонтальную ёмкость цилиндрической формы, закрытую с боков днищами разной конструкции. Ёмкость цистерны или её отдельные секции имеют устройства для погрузки и разгрузки, вид которых зависит от перевозимого груза. Сосуды специальных цистерн могут иметь теплоизоляционное покрытие или оборудование для разогрева перевозимого продукта, а также приборы для контроля за его состоянием. В некоторых цистернах внутренняя ёмкость делится на несколько секций. В цистернах, у которых ёмкость укладывается на раму, воспринимающую продольные нагрузки, возникающие в поезде, ёмкость в передаче этих нагрузок к другим вагонам поезда не участвует. У вагона-цистерны безрамной конструкции ёмкость является цельнонесущей конструкцией, воспринимает и передаёт продольные тяговые и ударные усилия, выполняя функции рамы. Для повышения прочности и жёсткости ёмкостей вагонов-цистерн большого диаметра и длины цилиндрическая обечайка ёмкости подкрепляется кольцами-шпангоутами, которые могут быть установлены на наружной поверхности или внутри ёмкости. Объём цистерны колеблется в широких пределах от 15-20 м<sup>3</sup> в первых вагонах-цистернах, строившихся в конце XIX века, до 120 м<sup>3</sup> (8-осная цистерна для перевозки светлых нефтепродуктов) [1-2].



В данной выпускной квалификационной работе производится разработка технологии проектирования участка сборки и сварки котла вагона-цистерны.

В результате проведения данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации и автоматизации, повышающей производительность труда, качество сварного изделия, улучшение условий труда.

В современных условиях сварочного производства первостепенное значение имеет повышение производительности труда и снижение себестоимости изделия. Это обеспечивает качественно лучшее использование рабочей силы в процессе производства и повышение конкурентоспособности изделия на потребительском рынке, что является основной задачей в современной экономической политике Российской Федерации [1].

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Анализ существующих конструктивных решений котлов вагонов-цистерн

Сварной котел: цилиндрическая часть котла составлена из цельных продольных листов: верхних и средних. Часто применяемыми материалами для котла служат стали марками ОХ18Г8Н2Т(КО-3), ОХ22Н5Т, 12Х18Н10Т, 20К+Х17Н13М2Т, ВСтЗ+12Х18Н10Т, ВСтЗ+ОХ23Н28МЗДЗ, данные стали указаны для различных видов и назначений котлов. Классификация цистерн представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация цистерн

По типу:	общего назначения
	специальные
По конструкции:	рамные
	безрамные
По числу осей:	четырёхосные
	восьмиосные

- Цистерны общего назначения: предназначены для перевозки широкой номенклатуры нефтепродуктов.
- Цистерны специальные: предназначены для перевозки отдельных видов грузов
- Цистерны имеющие рамную конструкцию: имеют рамную конструкцию и типовую схему крепления котла к раме.
- Безрамные цистерны: не имеющие раму, основные нагрузки действующие на цистерну воспринимаются котлом.
- Четырёхосные цистерны: имеют две двухосные тележки.

- Восьмиосные цистерны: имеют две четырехосные тележки

## 1.2 Виды и формы котлов вагонов-цистерн

Кузов вагона-цистерны представляет собой горизонтальную ёмкость цилиндрической формы, закрытую с боков днищами разной конструкции. Ёмкость цистерны или её отдельные секции имеют устройства для погрузки и разгрузки, вид которых зависит от перевозимого груза. Сосуды специальных цистерн могут иметь теплоизоляционное покрытие или оборудование для разогрева перевозимого продукта, а также приборы для контроля за его состоянием. В некоторых цистернах внутренняя ёмкость делится на несколько секций. В цистернах, у которых ёмкость укладывается на раму, воспринимающую продольные нагрузки, возникающие в поезде, ёмкость в передаче этих нагрузок к другим вагонам поезда не участвует. У вагона-цистерны безрамной конструкции ёмкость является цельнонесущей конструкцией, воспринимает и передаёт продольные тяговые и ударные усилия, выполняя функции рамы. Для повышения прочности и жёсткости ёмкостей вагонов-цистерн большого диаметра и длины цилиндрическая обечайка ёмкости подкрепляется кольцами-шпангоутами, которые могут быть установлены на наружной поверхности или внутри ёмкости. Объём цистерны колеблется в широких пределах от 15-20 м<sup>3</sup> в первых вагонах-цистернах, строившихся в конце XIX века, до 120 м<sup>3</sup> (8-осная цистерна для перевозки светлых нефтепродуктов) [1].

## 1.3 Общие технические требования к конструкции вагонов-цистерн

Цистерна должна состоять из следующих основных сборочных единиц:

- емкости (котла) с арматурой;
- крепления котла к платформе;

- платформы, оборудованной:
- тележками по ГОСТ 9246;

Настоящий стандарт распространяется на тележки двухосные трехэлементные, применяемые в конструкции грузовых вагонов (далее - вагоны), предназначенных для обращения на железнодорожных путях общего и необщего пользования колеи 1520 мм и устанавливает общие технические требования. Страны принявшие данный стандарт представлен

Таблица 2 – Страны принявшие данный стандарт

Краткое наименование страны	Код страны	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

Основываясь на приведенных выше статьях для проектирования котла вагона-цистерны выбрана двухслойная сталь мари (09Г2С+12Х18Н10Т)

Для сварки составных частей котла вагона-цистерны была выбрана механизированная сварка в смеси газов (Ar+CO<sub>2</sub>).

#### 1.4. Сравнительный анализ технических решений

В настоящее время на рынке имеется ряд вагонов-цистерн, предназначенных для перевозки пищевых продуктов:

- 1)- 15-1213-01, 15-1454, 15-1611, 15-Ц859 - для перевозки спирта;
- 2)- 15-1413, 15-1613, 15-1613-01 - для перевозки патоки;

- 3)- 15-1593, 15-1542, 15-1535 - для перевозки виноматериалов;
- 4)- 15-1522, 15-1522-01 - для перевозки соков;
- 5)- 15-1639, 15-1639-01 - для перевозки воды;
- 6)- 15-886, 15-Ц858 - для перевозки молока;

Для перевозки растительных масел могут использоваться вагоны-цистерны предназначенные для перевозка светлых нефтепродуктов.

В странах Европы основными производителями и операторами вагонов-цистерн являются следующие предприятия: «Tatravagonka» (Словакия), Astra Rail Industries (Румыния) , GATX Rail Europe (Австрия), GREENBRIER Europe (Польша).

Вагоны-цистерны разработки румынской компании Astra Rail Industries предназначены, в основном, для перевозки жидких химических грузов, нефтепродуктов и жидкого горючего. Особенности цистерн компании Astra Rail Industries являются удлиненные опоры котла и котел, подкрепленный шпангоутами . Вагон-цистерна для перевозки жидких нефтепродуктов модели Zacs 95m 3 рамной конструкции загружается через люк на верхней части вагона, разгрузка вагона производится снизу.

Таким образом, подводя итог обзору цистерн рамной конструкции, следует отметить, что цистерны колеи 1520 мм из-за существующих ограничений по шагу сливо-наливных устройств, достигли своих предельных размеров, и их объем не превышает 87 м<sup>3</sup> при стандартной длине вагона по осям сцепления автосцепок 12020 мм, что обеспечивает использование грузоподъемности при осевой нагрузке 23,5 т/ось на 95-97%.

Цистерны рамной конструкции колеи 1435мм Европейских стран за счет увеличения длины вагона имеют объем до 97 м<sup>3</sup> и используют допустимую грузоподъемность на 100%,

Котлы вагонов-цистерн моделей 15-1213-01, 15-150-04 и 15-1611 имеют повышенный объем, за счет отсутствия теплоизоляции и большого внутреннего диаметра. Однако отсутствие теплоизоляции не позволяет

использовать данные котлы для перевозки соков и виноматериалов. Для изготовления котлов используется углеродистая низколегированная сталь, что в свою очередь также не позволяет перевозить виноматериалы.

Отсутствие подогревающего устройства не позволяет использовать указанные котлы для транспортировки патоки.

Котлы вагонов цистерн моделей 15-1413, 15-1613 и 15-1613-01 имеют необходимое для перевозки патоки подогревающее устройство. Однако имеют небольшой внутренний диаметр и соответственно объем, что не позволяет выполнить требования технического задания. Кроме того отсутствие теплоизоляции не позволяет использовать данные модели для транспортировки виноматериалов и плодовоовощных соков.

Котлы вагонов цистерн моделей 15-1522, 15-1522-01, 15-1535, 15-1593, 15-1542, 15-886 и 15-Ц858 снабжены теплоизоляцией и изготовлены из материала, допущенного для контакта с пищевыми продуктами. Однако отсутствие подогревающего устройства, препятствует использованию для перевозки патоки.

Котлы вагонов-цистерн моделей 15-1639, 15-Ц859 и 15-1639-01 не оборудованы ни теплоизоляцией, ни подогревающим устройством; выполнены из углеродистой стали.

Анализ рассмотренных выше вагонов-цистерн показал, что для котлов всех указанных вагонов-цистерн характерна схожая конструкция. Конструктивно котел состоит из цилиндрической обечайки и двух днищ. Для изготовления указанных вагонов-цистерн используют эллиптические, конусные или плоские конструкции днищ. Все котлы имеют односекционную конструкцию (исключением является цистерна для перевозки молока, имеющая три секции).

В зависимости от перевозимого продукта цистерна оборудуется теплоизоляцией (котлы вагонов-цистерн для перевозки молока, виноматериалов, соков) и подогревающим устройством, для разогрева продукта перед выгрузкой (котлы вагонов-цистерн для перевозки патоки).

В общем случае котел вагона цистерны оборудуется предохранительным или предохранительно-впускным клапаном (исключением является котел вагона-цистерны для перевозки воды).

Материалы котлов для перевозки растительного масла, спирта, патоки - углеродистая низколегированная сталь (09Г2С, 09Г2Д, 09Г2, 09Г2СД12). Для перевозки воды, плодоовощных соков, виноматериалов, при изготовлении котла используется коррозионно-стойкая сталь (12Х18Н10Т, либо двухслойная ВСт3пс2+12Х18Н10Т).

На железных дорогах колеи 1520 мм основными производителями безрамных вагонов-цистерн для перевозки светлых нефтепродуктов являются АО «НПК «Уралвагонзавод», ПАО «Азовмаш».

АО «НПК «Уралвагонзавод» производит две модели вагонов-цистерн безрамной конструкции для перевозки светлых нефтепродуктов – модели 15-195 и модели 15-566.

У цистерны модели 15-566 увеличение объема котла достигнуто за счет увеличения его длины. Однако котлы данных моделей изготавливаются из низкоуглеродистой стали и не могут быть использованы для перевозки пищевых продуктов.

В 2001 году ОАО «НВЦ «Вагоны» совместно с ОАО «Ружиммаш» разработали безрамный четырехосный вагон-цистерну для перевозки бензина. Особенностью этого вагона является котел переменной кривизны, «брюхо» которого позволило понизить центр масс вагона и увеличить объем котла до 95,4 м<sup>3</sup> при стандартной длине вагона по осям сцепления автосцепок 12020 мм. Однако из-за проблем с прочностью на серийное производство вагон поставлен не был.

На АО «Новозыбковский машиностроительный завод» изготовлен инновационный вагон-цистерна модели 15-6899 с пониженным центром тяжести для перевозки расширенной номенклатуры легковесных грузов с плотностью до 0,8 т/м<sup>3</sup>, безрамной конструкции с котлом переменной сечения в габарите Тц. Отказ от хребтовой балки и переход к цельнонесущему кузову

позволили снизить материалоемкость, понизить ординату центра тяжести вагона, обеспечив повышение показателей устойчивости при его движении. Одной из задач, решённых при разработке инновационного проекта, стала возможность использования вагонов-цистерн с увеличенным объёмом в рамках существующей инфраструктуры без необходимости переоборудования сливо-наливных эстакад.

В США основными производителями и операторами вагонов-цистерн являются такие компании, как American Railcar Industries, GREENBRIER Companies, GATX Corporation.

Одна из крупнейших компаний в США – GREENBRIER Companies – делает особый акцент на производство вагонов-цистерн: в 2014 году компания активно выступала за безопасные правила по проектированию цистерн и начала принимать заказы на новейшие конструкции вагонов-цистерн, «Вагон-цистерну будущего», который предназначен для безопасной транспортировки нефтепродуктов, этанола и других легковоспламеняющихся веществ.

Ниже приведены некоторые из уже реализованных разработок компании. Все вагоны-цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов производителя – безрамной конструкции, что позволило снизить массу тары вагона.

В США и Канаде основным направлением увеличения грузоподъемности вагона является повышение нагрузок на ось колесной пары, которая в среднем составляет 33 тс, а для некоторых вагонов достигает 40 тс. Это требует увеличения длины вагонов до 18 метров. Основная часть вагонов-цистерн, широко эксплуатируемых на американских железных дорогах, имеет объем котла до 120 м<sup>3</sup>.

В Китае одним из лидирующих производителей вагонов-цистерн для перевозки светлых нефтепродуктов является China CNR Corporation Limited (далее – CNR).

Китайская компания CNR производит безрамную вагон-цистерну для перевозки светлых нефтепродуктов модели GQ70(H).



Подводя итог обзору цистерн безрамной конструкции, следует отметить, что, как и в случае рамных конструкций цистерн, из-за ограничений по шагу устройств для слива налива продукта на загрузочных эстакадах объем котлов эксплуатируемых безрамных вагонов-цистерн колеи 1520 мм не превышает 86 м<sup>3</sup> (вагон-цистерна модели 15-195) при длине вагона по осям сцепления осей автосцепок 12020мм. Ограничение длины вагонов-цистерн безрамных конструкций производителей США не зависит от шага сливно-наливных устройств на эстакадах. Обзор цистерн США, несмотря на увеличенные размеры котлов, выявил использование грузоподъемности вагонов от 77% (для вагонов с меньшими объемами котлов) до 96,4% (для цистерн с большими объемами котлов). Это связано с несоответствием нагрузки на ось и объема котла [2].

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Формулировка проектной задачи

Целью данной выпускной квалификационной работы является «Разработка технологии проектирования участка сборки и сварки котла вагона-цистерны».

Задачи:

1. Разработка конструкции;
2. Разработка технологии;
3. Разработка специальной оснастки;
4. Проектирование участка.

Объектом исследования является котел вагона-цистерны предназначенный для перевозки пищевых продуктов.

Котел цистерны будет изготовлен из листов двухслойной стали марки 09Г2С+12Х18Н10Т.

Сваривание листов будет осуществляться механизированной сваркой в среде защитных газов. Толщина материала для изготовления 10-12 мм.

Основной задачей данной работы является проектировка, общая сборка и сварка котла вагона-цистерны. Так же разработка технологического процесса сборки и сварки, плана участка. В данной работе будет смоделирован специальный стенд для сборки и сварки котла. Данный стенд будет состоять из: портальной установки с кантователями. При помощи данной установки будет осуществляться сварка конструкции котла вагона-цистерны [3].

Проектирование осуществлялось в программном комплексе Solid Works.

Solid Works является, одним из, мировых лидеров программного обеспечения САПР. Предоставляет широкие возможности для инженерного проектирования и расчета. Обладает высоким качеством и точностью при создании 3D моделей. Интерфейс данного комплекса прост и удобен в использовании [3].

Технологический процесс разработан в программе СПРУТ-ТП. Данная система обладает высокой скоростью и высоким качеством проектирования технологической документации в полном соответствии с ЕСТД. Работа выполняется непосредственно с комплектом активных документов, т.е. проектирование ведется в бланке документа. Система СПРУТ-ТП является единственной технологической системой из представленных на рынке, работающей по этому принципу. Расчеты работоспособности и надежности выполнены при помощи универсальной программной платформы для моделирования прикладных задач COMSOL Multiphysics. Данная платформа позволяет специалистам различного профиля решать разнообразные инженерные задачи с помощью методов конечных элементов. Для решения поставленных задач были использованы интерфейсы «Механика твердого тела», и «Взаимодействия жидкости и твердого тела» в рамках мультифизического интерфейса.

## 2.2 Теоретический анализ

В результате теоретического анализа существующих технологических процессов сборки и сварки котлов вагонов-цистерны были выявлены существующие недостатки. Для устранения этих недостатков предлагается произвести следующие изменения в технологическом процессе:

- за счет использования специального приспособления упразднить такие операции, как сварка эллиптических и цилиндрических швов, так же упрощение общей сборки и сварки котла вагона-цистерны что позволит сократить расход материалов, и снизить время производственного цикла.

В результате внедрения в технологический процесс вышеуказанных изменений значительно улучшаются технические и экономические показатели, снижается себестоимость изделия, что в свою очередь приведет к увеличению конкурентоспособности изделия на рынке производства, сбыта и потребления, а, следовательно, к рентабельности производства данного изделия [3].

### 3. Результаты проведенного исследования

#### 3.1 Инженерный расчет

#### 3.2 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Главным материалом при разработке технологического процесса была выбрана двухслойная сталь 09Г2С+12Х18Н10Т по ГОСТ 10885-85

Так как цистерна предназначена для перевозки пищевых продуктов, внутренняя часть котла вагона-цистерны должна быть из нержавеющей стали, по этой причине была выбрана сталь марки 12Х18Н10Т. Данная хромоникелевая нержавеющая сталь занимает лидирующие позиции на рынке современного металлопроката. Благодаря своим уникальным качественным характеристикам сталь данной марки может использоваться в различных сферах производства и промышленности. Материал получил широкое применение в: пищевой промышленности – алкогольной, мясной, молочной; нефтяной промышленности; топливно-энергетическом секторе; химической промышленности; машиностроении. В химической промышленности марку стали 12Х18Н10Т используют для изготовления емкостей, предназначенных для работы под высоким давлением, что и послужило причиной выбора данной стали.

Для наружной части котла была выбрана сталь марки 09Г2С, так как это очень востребованная сталь, используется как в строительстве, так и во многих отраслях промышленности. Основные области использования этой марки: листовой и фасонный прокат.

Как уже отмечалось сталь 09Г2с и аналоги легко поддаются свариванию. Уже перечисленные характеристики, позволяют использовать

этот материал для изделий, требующих высокой износостойкости: балки, швеллеры, уголки.

09Г2С – низколегированная сталь хорошо сваривается всеми способами сварки не имеющая склонности к отпускной хрупкости. Сталь предназначена для изготовления различных деталей и элементов сварочных металлоконструкций, работающих при температуре окружающей среды от минус 70 °С до плюс 425 °С под давлением

Марка 09Г2с, ее технические характеристики, необходимы в создании транспортных средств, строительстве, нефтяной и химической промышленности. Широкий температурный диапазон позволяет применять материал там, где происходят сильные деформации за длительный эксплуатационный срок. При этом граничная температура -70 градусов, способствует применения изделий из ст 09Г2с в суровых климатических условиях.

Химический состав и механические свойства стали 09Г2С приведен в таблицах 3. и 3.1.

Таблица 3. – Химический состав стали 09Г2С

Si	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
0,5-0,8	1,3-1,7	Не более							
		0,12	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04	0,08	0,008

Таблица 3.1 – Механические свойства стали 09Г2С [4]

$\sigma_{\text{т}}$ , МПа	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta_{\text{б}}$ , %	KCU <sub>40</sub> МДж/м <sup>2</sup>
345	490	21	0,5

Так как цистерна предназначена для перевозки пищевых продуктов, внутренняя часть котла вагона-цистерны должна быть из нержавеющей стали, по этой причине была выбрана сталь марки 12Х18Н10Т.

Химический состав и механические свойства стали 12Х18Н10Т приведен в таблицах 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2. – Химический состав стали 12X18H10T

C	Cr	Fe	Mn	Ni	P	S	Si	Ti
0,12	17-19,0	Осн.	≤2,0	9-11,0	0,035	0,020	0,8	0,8

Таблица 3.3.– Механические свойства стали 12X18H10T

Механические свойства 12X18H10T при испытаниях на длительную прочность (ГОСТ 5949-75)				
Температура испытания, °С	Предел ползучести, МПа	Скорость ползучести %/ч	Предел длительной прочности, МПа, не менее	Длительность испытания, ч
600 650	74 29-39	1/100000	147 78-98	10000

Способ сварки при разработке технологии следует выбирать таким образом, чтобы он удовлетворял всем требованиям, установленным исходными данными.

Для сталей 09Г2С+12X18H10T рекомендуются следующие способы сварки: механизированная и автоматическая сварка в Ar+CO<sub>2</sub> электродной проволокой диаметром 0,8...2,0 мм; автоматическая дуговая сварка под флюсом электродной проволокой диаметром 1,6...5,0 мм; электрошлаковая сварка проволочными, пластинчатыми и комбинированными электродами по ГОСТ 16098-80 .

Принимаем сварку плавящимся электродом в смеси газа Ar+CO<sub>2</sub> (смесь двуокиси углерода с аргоном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона) по ТУ 2114-004-00204760-99, т. к. существует ряд преимуществ этих способов:

- возможность вести механизированную сварку.

м, то возможность использования автоматической сварки очень важна;

- высокая производительность;
- высокие механические свойства сварных соединений;
- меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- меньшая себестоимость сварочных работ.

При сварке в смеси газов электродная проволока является единственным материалом, через который можно в достаточно широких пределах изменять состав и свойства металла шва. Состав металла шва выбирают близким к составу основного металла, при этом необходимые свойства металла получают за счёт сварочной проволоки. Сварку ведут проволокой с повышенным содержанием элементов - раскислителей. Выбираем проволоку Св-08ГСМТ и *ESAB OK Autroad-308 LSI*

Проволока Св-08ГСМТ ГОСТ 2246-70 выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм. Она поставляется в мотках, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен. К каждому мотку прикреплена бирка с названием завода-изготовителя, марка, диаметр, ГОСТ. На рабочее место проволока подаётся в кассетах, намотанных на специальных станках.

Сварочная проволока *ESAB OK Autroad-308 LSI* Наиболее часто применяемая нержавеющая сварочная проволока с пониженным содержанием углерода, предназначенная для сварки изделий, эксплуатирующихся при температурах от -196 до 350°C из коррозионностойких хромоникелевых сталей. Химический состав данной проволоки представлен в таблице

Химический состав проволоки Св-08ГСМТ и *ESAB OK Autroad-308 LSI* приведены в таблице 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4. – Химический состав проволоки Св-08ГСМТ

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	N	Ti
0.06 - 0.11	0.4 - 0.7	1 - 1.3	до 0.3	до 0.025	до 0.03	до 0.3	0.2 - 0.4	до 0.01	0.05 - 0.12



Таблица 3.5. – Химический состав проволоки ESAB OK Autroad-308 LSI

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
max 0.03	1.40-2.10	0.65-1.00	19,5-21,0	9.00-11.00	max 0.030	max 0.020

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем смесь двуокиси углерода с аргонном в соотношении 18% двуокиси углерода к 82% аргона.

Сырьем для изготовления являются двуокись углерода и аргон. Двуокись углерода – бесцветный, неядовитый, тяжелее воздуха. Он

хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота – бесцветная жидкость, плотность которой сильно изменяется с изменением температуры. Вследствие этого углекислота поставляется по массе, а не по объёму. При испарении 1 кг углекислоты образуется 509 литров двуокиси углерода.

Двуокись углерода поставляется по ГОСТ 8050-85 трёх сортов. Состав приведён в таблице 3.6.

Таблица 3.6. – Состав CO<sub>2</sub>, в % [6]

Содержание	Сорт		
	Высший сорт	1 сорт	2 сорт
CO <sub>2</sub> (не менее)	99,8	99,5	98,8
CO (не более)	0	0	0,05
Водяных паров при 760мм.рт.ст. и 20 <sup>0</sup> С (не более), г/см <sup>3</sup> .	0,178	0,515	Не проверяют

В качестве инертного газа в смесь входит аргон по ГОСТ 10157 – 79. Состав приведён в таблице 3.7.

Таблица 3.7. – Состав Ar, в % [6]

Содержание	Сорт	
	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля аргона, %, не менее	99,993	99,987
Объемная доля кислорода, %, не менее	0,0007	0,002
Объемная доля азота, %, не менее	0,005	0,01

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить из физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в околошовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения [7].

Тепловое воздействие на металл в околошовных участках и процесс плавления определяются способом сварки, его режимами. Отношение металла к конкретному способу сварки и режиму принято считать технологической свариваемостью. Физическая свариваемость определяется процессами, протекающими в зоне сплавления свариваемых металлов, в результате которых образуется неразъемное сварное соединение.

Физическая свариваемость определяется свойствами соединяемых металлов, их способностью вступать между собой в требуемые физико-химические отношения. Все однородные металлы обладают физической свариваемостью.

Такие особенности сварки, как высокая температура нагрева, малый объем сварочной ванны, специфичность атмосферы над сварочной ванной, а

также форма и конструкция свариваемых деталей и т.д. – в ряде случаев обуславливают нежелательные последствия:

- резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;
- изменение структуры и свойств основного металла в зоне термического влияния;
- возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;
- образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;
- образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний, марганец, окисляется железо. В связи с этим в определение технологической свариваемости должно входить:

- определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;
- оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;
- оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;
- оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы: первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы;

вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние сварочного процесса. Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п. Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все

вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов, и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали; - третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, - это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [8]:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + (Mn/6) + (Si/24) + (Ni/10) + (Cr/5) + (Mo/4) + (V/14), \quad (3.1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент  $C_{\text{ЭКВ}}$  больше 0,45 процентов, то для обеспечения стойкости околошовной зоны против образования околошовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 12X18H10T

$$C_{\text{ЭКВ}}=0.12+(2.0/6)+(0.8/24)+(11/10)+(19/5)=8.38\%$$

Рассчитаем эквивалентное содержание для стали 09Г2С

$$C_{\text{ЭКВ}}=0.12+(1.2/6)+(0.12/24)+(0.3/10)+(0.3/5)=0.44$$

### 3.2.1 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом определяется составом газа, составом электродного и основного металла, их долями в металле шва и ходом металлургических реакций в сварочной ванне.

Необходимо отметить, что аргон, входящий в смесь газов в составе 80%, является инертным газом. Поэтому он не участвует в химических реакциях, его роль сводится только к физической защите сварочной ванны.

Температура сварочной ванны является основным параметром, который определяет направление и интенсивность физико-химических процессов в ней. При сварке в смеси Ar + CO<sub>2</sub> тепловые характеристики дуги возрастают, что объясняется от части повышением доли теплоты, выделяющейся в результате химических реакций, и некоторым напряжением дуги. При высокой температуре дуги происходит реакция диссоциации CO<sub>2</sub> :



С повышением температуры увеличивается количество тепла, вводимого в изделие, что способствует снижению скорости охлаждения [8].

Аргон, растекаясь по поверхности свариваемого изделия, защищает достаточно длительно довольно широкую и протяженную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

При сварке в смеси  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  плавящимся электродом в зоне высоких температур происходит разложение  $\text{CO}_2$  по реакции:



Окисление металла происходит по реакции:



Но в тоже время большая концентрация окиси углерода будет тормозить этот процесс и задерживать окисление углерода стали:



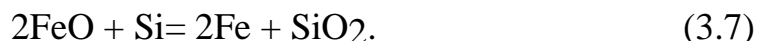
При сварке в  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  происходит потеря легирующих элементов.

Это приводит к повышенному содержанию кислорода в металле сварочной ванны. В результате возрастает вероятность образования пор из-за выделения оксида углерода в процессе кристаллизации, и снижаются механические свойства металла шва.

Образование пор из-за выделения окиси углерода при сварке углеродистых сталей предотвращается, если металл шва содержит до 0,12 - 0,14% С, не ниже 0,5 - 0,8% Мп. При этом металл шва характеризуется малой склонностью к образованию пор, трещин и достаточно высокими механическими свойствами.

В большинстве случаев при сварке сталей беспористые швы указанного выше состава получают при применении кремне-марганцовистых электродных проволок Св-08ГСМТ, обеспечивающих малую загрязненность металла шва оксидными включениями.

Содержащиеся в проволоке кремний и марганец, обладая большим сродством к кислороду, чем железо, связывают кислород, растворенный в металле:



Окислы кремния и марганца образуют легкоплавкие соединения, которые в виде шлака всплывают на поверхность сварочной ванны. При

сварке в углекислом газе количество шлака на поверхности шва составляет примерно от 1 до 1,5 % массы наплавленного металла [8].

Содержание кремния и марганца в наплавленном металле шва, выполняемого в  $Ar + CO_2$  проволокой Св – 08ГСМТ остается на необходимом уровне.

Значительному снижению разбрызгивания электродного металла способствует добавление в смесь аргона - до 82 %. Это приводит к переходу от крупнокапельного переноса металла в дуге к струйному, что способствует улучшению сплавления, уменьшает подрезы, увеличивает производительность сварки и позволяет получать более плотные беспористые швы.

С увеличением выгорания кремния происходит образование горячих трещин, с уменьшением содержания кремния увеличивается количество расплавленного металла и уменьшается количество защитного газа на единицу массы переплавленного металла.

Технология сварки выбирается в зависимости от марки стали и требований, предъявляемых к сварным соединениям. Разработанная технология сварки должна обеспечивать получение достаточной работоспособностью при минимальной трудоемкости.

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их размеры при сварке в  $Ar + CO_2$  должны соответствовать ГОСТ 16098-80. Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги и других загрязнений [8].

### 3.2.2 Расчет режимов сварки

#### 3.2.3 Расчет режимов полуавтоматической сварки

Расчет глубины проплавления  $h_p$

$$h_p = 0,7 \cdot S - 0,5 \cdot b$$

$S$  – толщина = 10 мм.

$b$  – величина зазора = 1 мм.

$$h_p = 0,7 \cdot 10 - 0,5 \cdot 1 = 6,5$$

Определяем основной параметр  $d_{эп}$  [9]:

$$d_{эп} = \sqrt[4]{h_p \pm 0,05 \cdot h_p} \quad (3.8)$$

$$d_{эп} = \sqrt[4]{6,5 \pm 0,05 \cdot 6,5} = 1,6$$

$d_{эп}$  принимаем = 1,6 мм.

Скорость сварки  $V_c$  [9]:

$$V_c = K_v \cdot \frac{h_p}{1} \quad (3.9)$$

$$V_c = 1120 \cdot \frac{6,5^{1,81}}{8^{3,36}} = 14,47 \text{ мм/с}$$

Сварочный ток  $I_c$  [9]:

Сварочный ток определяем в зависимости от размера шва.

$$I_c = K_i \frac{h_p}{e} \quad (3.10)$$

$$I_c = 460 \cdot \frac{6,5^{1,32}}{12^{1,07}} = 381 \text{ А.}$$

Напряжение сварки  $U_c$  [9]:

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot I_c \quad (3.11)$$

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot 381 = 33,05 \text{ В.}$$

Вылет электродной проволоки [9]:

$$l_B = 10 \cdot d_{эп} \pm 2 \cdot d_{эп} \quad (3.12)$$

$$l_B = 10 \cdot 1,6 \pm 2 \cdot 1,6 = 16 \text{ мм.}$$



Скорость подачи ( $\text{CO}_2$ ) [9]:

$$U_{\text{эп}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{I_c}{d_{\text{эп}}^2} + 6 \cdot 94 \cdot \frac{10^{-3} \cdot I_c^2}{d_{\text{эп}}^3} \quad (3.13)$$

$$U_{\text{эп}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{381}{1,6^2} + 6 \cdot 94 \cdot \frac{10^{-3} 381^2}{1,6^3} = 103,45 \text{ мм/с (372,42 м/ч)}$$

Расход защитного газа  $\text{CO}_2$  [9]:

$$q_{\text{зг}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_c^{0,75} \quad (3.14)$$

$$q_{\text{зг}} = 3,3 \cdot 0,001 \cdot 381^{0,75} = 0,284 \text{ л/с (17,04 лин/м) [10].}$$

На основании расчетов принимаем следующие режимы сварки:

- для сварки больших толщин  $I_{\text{св}}=380 \text{ А}$ ,  $U=32 \text{ В}$ , расход газа 15-17 л/мин, вылет электродной проволоки 16 мм [9].

### 3.2.4 Технологический раздел

### 3.2.5 Технологический анализ выбранного производства

При разработке проекта в производстве изделия большое значение имеет определение целесообразных форм организации производственных процессов выпуска заданной продукции.

В зависимости от числа различных заданных видов изделий и повторяемости их изготовления может быть установлена принадлежность проектируемого цеха к определенному типу производства (единичное, мелкосерийное, крупносерийное, массовое). Однако не редко в одном цехе предусматривают организацию производства разных типов. Строгих границ между различными типами производств не существует.

Краткие характеристики перечисленных видов производств сводятся к следующему.

Единичное и мелкосерийное производство отличается большой и неустойчивой номенклатурой выпускаемых изделий. В производственном процессе применяют универсальное оборудование «переналаживаемую оснастку». Отсутствует закрепление заготовок и деталей за оборудованием. В основном использует общецеховой транспорт.

В серийном производстве номенклатура выпускаемых изделий ограничена и достаточно устойчива. Изготовление изделий производят периодически повторяющимися сериями на специализированных участках. Применяют универсальное оборудование. Характерно применение простой и комбинированной оснастки. Используют общецеховой и напольный транспорт.

В крупносерийном производстве номенклатура выпускаемых изделий весьма ограничена и устойчива. Изделия производят периодически повторяющимися крупными сериями на специализированных участках, механизированных переменного-поточных линиях. Применяют специализированное оборудование, специальные приспособления. Широко используют подвесной и напольный транспорт.

Массовое производство отличается весьма устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, включающей один (редко два или три) тип изделия в большом количестве. Изделия производят с постоянным ритмом потока на комплексно-механизированных и автоматических поточных линиях с применением специализированного межоперационного транспорта.

На основании вышеизложенных характеристик и справочной литературы [9], учитывая, что годовая программа выпуска продукции составляет  $N = 200$  штук, а масса основания равна 6942,11 кг, заключаем, что проектируемое сварочное производство относится к типу серийного.

### 3.2.6 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции

Технологический процесс сборки и сварки котла вагона-цистерны начинается с комплектования, будет выполняться подбор деталей согласно спецификации,

Данный технологический процесс будет разделен на три основные части: Сборка и сварки технологической единицы №1 (операции 010-030); сборка и сварка технологической единицы №2 (операции 035-065); Окончательная сборка котла вагона-цистерны (операции 070-095).

Подробно последовательность изготовления котла вагона-цистерны представлена в технологическом процессе (приложение Б )

Сварная конструкция считается технологичной, если она скомпонована из такого количества элементов, с приданием им таких размеров и форм, применением таких видов и марок материалов и оборудования, оснастки и методов организации производства, которые при заданном объеме выпуска и полном выполнении эксплуатационных функций обеспечивают простое и экономичное изготовление конструкций, узлов и деталей, судят, прежде всего, по их себестоимости.

К технологичным изделиям обычно относятся конструкции с самой низкой себестоимостью, а сварные конструкции из большого числа металлоемких элементов, изготовление которых известными способами и средствами невозможно, либо вызывает затруднение и усложнение технологических операций, повышения трудоемкости, увеличение производительности цикла и повышение себестоимости относят нетехнологичным.

На стадии проектирования сварных конструкций уровень технологичности должен оцениваться по всей совокупности показателей, охватывающий заготовительную, обрабатывающую и сборочно-сварочную стадии производства.

Перечень показателей технологичности сварных конструкций

устанавливается в зависимости от состава и характера факторов к которым относятся: число и конструктивно-технологическая сложность элементов (заготовок, деталей, узлов), используемых при изготовлении сварной конструкции; уровень унификации, стандартизации и взаимозаменяемости элементов конструкции; степень соответствия размеров и форм готовых деталей; количество обрабатываемых поверхностей; требование к качеству обработки, к точности сборки под сварку; объем трудоемких подгоночных операций; использование новых материалов.

Оценка технологичности.

Технологичность—совокупность свойств конструкции, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ [9].

Технологичность конструкции изделия может быть различной для разных типов производства и должна рассматриваться в комплексе с заготовительными операциями.

Для толщин от 3 до 6 мм используются механические способы резки, так как этот метод является наиболее целесообразным.

Использование прессы или гильотинных ножниц позволяет обеспечить достаточно хорошее качество кромок, что позволяет не применять дополнительной механической обработки для обеспечения необходимого качества кромок.

Использование стационарных листов, рациональное расположение деталей и заготовок на поверхности листа обеспечивает достаточно высокий коэффициент использования металла.

Применение сварочной оснастки позволяет до минимума сократить потери рабочего времени на установку и кантовку при сварке. Это позволяет снизить трудоемкость и длительность производственного процесса

### 3.2.7 Выбор технологического оборудования

Рассчитанные параметры режима позволяют сформулировать требования к оборудованию для сварки данного сварного изделия. Основными критериями для окончательного выбора рациональных типов оборудования должны служить их следующие принципы:

1. Техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой технологии.
2. Наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания.
3. Наибольший КПД и наименьшее потребление электроэнергии при эксплуатации.
4. Наименьшие габаритные размеры оборудования.
5. Наименьшая масса.
6. Наименьшая сумма первоначальных затрат на приобретение и монтаж оборудования.
7. Минимальный срок окупаемости.

Исходя из соображений технологического, экономического и эксплуатационного характера было выбрано следующее сварочное оборудование [9]:

Выбираем автомат для дуговой сварки в смеси газов. Сварка ведется в закрытом помещении. Сварочный аппарат должен обеспечивать сварочный ток 380 А; диаметр проволоки 1,2 мм; скорость подачи электродной проволоки 318...352 м/ч. Исходя из этих данных выбираем сварочный полуавтомат MAXI 4000 ES.

Аппараты MAXI 4000 ES комплектуются микропроцессорным подающим механизмом ES 4 - 4-х роликовый механизм подачи проволоки закрытого типа, микропроцессорный блок которого разработан на базе последних цифровых технологий. Функциональные возможности: наличие

синергетических функций, до 13 встроенных синергетических программ, плавная регулировка сварочного тока, режим прихваток, плавная регулировка напряжения, 2-х и 4-х тактовый режим сварки. Система контроля зажигания дуги необходима для настройки первичного импульса зажигания дуги для разных видов проволоки, цифровые вольтметр и амперметр, возможность предварительной подачи проволоки. Механизм предназначен для подачи проволоки 0,8 - 2,0 мм, и имеет широкий спектр применения (при значительных объемах производства), большие функциональные возможности при сварке ответственных конструкций, обладает высокой мобильностью. Технические характеристики аппарата представлены в таблице 1 [10].

Таблица 3.8. – Технические характеристики

Модел ь	Подающи й механизм	Число ролико в	Диапазо н по току, А	Диаметр проволоки , мм	Габаритные размеры, мм	Масса , кг
MAXI- 4000 ES	ES 4	4	60-470	0,6-2,0	1000x415x71 0	94

### 3.2.8 Контроль технологических операций

Обеспечение высокого качества сварочных работ – наиболее важная проблема в области сварки.

Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надежность и экономичность конструкции [11].

Дефекты сварных соединений – отклонения от заданных свойств, сплошности и формы шва, свойств и сплошности околошовной зоны, что

Приводит к нарушению прочности и других эксплуатационных характеристик изделия. Дефекты бывают наружные, внутренние и сквозные. Дефекты формы и размеров шва:

- неполномерность швов; - неравномерность шва;
- несимметричность шва; - бугристость шва;
- грибовидность;
- боковые выплески металла; - подрезы шва;
- наплывы; - прожоги.

Дефекты, нарушающие сплошность сварных соединений: - непровары;

- трещины; - поры;
- шлаковые включения.

Дефекты могут быть допустимыми и недопустимыми. Вид и размер допустимых дефектов обычно указывается в технических условиях или стандартах на данный вид изделия.

Проверка качества сварки в готовом изделии производится внешним осмотром и измерением сварного шва. Внешним осмотром выявляют несоответствие шва геометрическим размерам, наплывы, подрезы, глубокие кратеры, прожоги, трещины, непровары, свищи и поры и т.д. [11].

Сварные соединения рассматриваются невооружённым глазом или с помощью лупы при хорошем освещении; обмер швов производят с помощью инструментов и шаблонов - катетометров.

Сварочные напряжения и деформации, меры борьбы с ними.

Сварка, как и другие процессы обработки металлов, вызывает возникновение в изделиях собственных напряжений.

В зависимости от причины, вызвавшей напряжения, различают:

- тепловые напряжения, вызванные неравномерным распределением температур при сварке;
- структурные напряжения, возникающие вследствие структурных превращений.

- в зависимости от времени существования:
- временные - существующие лишь в определенный момент времени;

- остаточные - остаются в изделии после исчезновения причины, их вызвавшей.

В зависимости от размеров области:

- напряжения первого рода, которые действуют и уравниваются в крупных объемах, соизмеримых с размерами изделия или его основных частей;

- напряжения второго рода – уравниваются в микрообъемах тела в пределах одного или нескольких зерен металла;

- напряжения третьего рода – уравниваются в объемах, соизмеримых с атомной решеткой.

Сварочные напряжения являются напряжениями первого рода. По направлению действия напряжения и деформации различают: - продольные (вдоль оси шва);

- поперечные (поперек оси шва). По виду напряженного состояния:
- линейные (действующие в одном направлении);
- плоскостные (действующие в двух направлениях); - объемные (действующие в трех направлениях).

В зависимости от изменения при сварке форм и размеров детали различают:

- деформации в плоскости – проявляются в изменении формы и размеров детали. Они могут быть продольными, поперечными и изгиба;
- деформации из плоскости – проявляются в образовании поперечных или продольных волн, изломов и т.д.

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями от сварки можно расчленить на две основные группы:

- мероприятия, предотвращающие вероятность возникновения деформаций и напряжений;



- мероприятия, обеспечивающие последующее исправление деформаций и снятие возникших напряжений [11].

С целью предотвращения развития деформаций, обеспечения требуемых форм и точности сварных конструкций, проводятся различные мероприятия, начиная со стадии проектирования и, кончая самим процессом изготовления сварного изделия:

- минимальная протяженность сварных швов, минимальное сечение швов, удовлетворяющее расчетным условиям, что приводит к уменьшению остаточных деформаций и напряжений;

- симметричное расположение швов;
- оптимизация последовательности выполнения сборочно-сварочных работ;
- закрепление изделия в приспособлениях;
- прихватка деталей для исключения смещения их при сварке.

Эти меры в полной мере обеспечивают достаточно хорошее качество изделия. Применение каких-либо других способов борьбы с деформациями и напряжениями нецелесообразно, так как это ведет к неоправданному удорожанию изделия.

При изготовлении основания применяется визуальный способ контроля сварных швов. Данным способом контролируют исходные детали и готовую продукцию, обнаруживают отклонения формы деталей и изделий, обработки поверхности и видимые дефекты сварных швов.

Преимущества визуального контроля:

- простота контроля;
- несложное оборудование; - малая трудоемкость.

### 3.2.9 Разработка технической документации

Основное требование к технологии любой совокупности операций, выполняемых на отдельном рабочем месте, заключается в рациональной их последовательности с использованием необходимых приспособлений и оснастки.

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [12].

Разработка технологических процессов включает: 1 расчленение изделия на сборочные единицы;

2 установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;

3 выбор типов оборудования и способов сварки. В результате должны быть достигнуты:

- возможная наименьшая трудоемкость;
- минимальная продолжительность производственного цикла; - минимальное общее требуемое число рабочих;
- наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования;
- возможный наименьший расход производственной энергии.

Для удобного расположения всех записей и расчетных данных технологический процесс выполняют на особых бланках, называемых ведомостями технологического процесса, технологическими и инструкционными картами.

Эти бланки после их заполнения составляют документацию разработки технологического процесса, которые должны содержать:

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы; - число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии; - название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоемкости, расходы основных и вспомогательных материалов [12].

Директивный технологический процесс сборки и сварки котла вагоноцистерны представлен в графической части ВКР.

### 3.3 Конструкторская часть

#### 3.3.1 Общая характеристика механического оборудования

Механизация и автоматизация производственного процесса изготовления сварных изделий представляют собой одну из основных задач современного сварочного производства, решение которой значительно повышает производительность труда.

Сборочные операции при изготовлении сварных конструкций имеют целью – обеспечение правильного взаимного расположения деталей собираемого изделия. Наиболее рационально для сборки использовать прижимы.

Специальное сборочное приспособление позволяет улучшить качество сборки. Применение при этом пневматических прижимов значительно сокращает вспомогательное время, особенно если требуется зажать изделие одновременно в нескольких местах.

В связи с тем, что изделие обладает значительной массой для кантовки и перемещения используется кран мостовой грузоподъемностью 10 тонн.

### 3.3.2 Пространственное расположение производственного процесса

### 3.3.3 Состав сборочно-сварочного цеха

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [13].

Независимо от принадлежности к какой-либо разновидности сварочного производства сборочно-сварочные цехи могут включать следующие отделения и помещения:

- производственные отделения: заготовительное отделение включает участки: правки и наметки металла, газопламенной обработки, станочной обработки, штамповочный, слесарно-механический, очистки металла.

Сборочно-сварочное отделение, подразделяющееся обычно на узловую и общую сборку и сварку, с производственными участками сборки, сварки, наплавки, пайки, термообработки, механической обработки, испытания готовой продукции и исправления пороков, нанесения покрытий и отделки продукции;

- вспомогательные отделения: цеховой склад металла, промежуточный склад деталей и полуфабрикатов с участком их сортировки и комплектации, межоперационные складочные участки и места, склад

готовой продукции цеха с контрольными и упаковочными подразделениями и погрузочной площадкой; кладовые электродов, флюсов, баллонов с горючими и защитными газами, инструмента, приспособлений, запасных частей и вспомогательных материалов, мастерская изготовления шаблонов, ремонтная, отделение электромашинное, ацетиленовое, компрессорное, цеховые трансформаторные подстанции;

- административно - конторские и бытовые помещения: контора цеха, гардероб, уборные, умывальные, душевые, буфет, комната для отдыха и приема пищи, медпункт [13].

Проектируемый в составе завода самостоятельный сборочно-сварочный цех всегда является, с одной стороны, потребителем продукции заготовительных и обрабатывающих цехов и складов завода, а с другой стороны – поставщиком своей продукции для цехов окончательной отделки изделий и для общезаводского склада готовой продукции.

Таким образом, между проектируемым сборочно-сварочным цехом и другими цехами, сооружениями и устройствами завода существует определенная производственная связь, необходимая для облегчения

нормального выполнения процесса изготовления заданной продукции по заводу в целом.

При проектировании как всего завода, так и его отдельных цехов необходимо стремиться к осуществлению прямопоточности всех производственных связей между отдельными цехами, к недопущению возвратных перемещений материалов и изделий.

#### 3.3.4 Выбор типовой схемы компоновки сборочно-сварочного цеха

Размещение цеха - всех его производственных отделений и участков, а также вспомогательных, административно-конторских и бытовых помещений должно по возможности полностью удовлетворять

всем специфическим требованиям процессов, подлежащих выполнению в каждом из этих отделений.

Эти требования обуславливаются главным образом индивидуальными особенностями заданных сварных конструкций и соответствующих рационально выбранных способов их изготовления; характерными особенностями типа производства и организационных форм его существования; степенью производственной связи основных отделений и участков с другими производственными и вспомогательными отделениями цеха [13].

Для проектируемого участка сборки и сварки основания принимаем схему компоновки производственного процесса с продольным направлением производственного потока. Направление производственного потока на таком участке совпадает с направлением, заданным на плане цеха. Продольное перемещение обрабатываемого металла и изготавливаемых деталей, сборочных единиц и изделий выполняется кран – балкой, а поперечное (на складах) – автокарами либо краном мостовым.

### 3.3.5 Расчет основных элементов производства.

К основным элементам производства относятся рабочие.

$$n_p = \frac{T_t}{\Phi_d} \quad (3.15)$$

где,  $T_t$  – время необходимое для выполнения годовой продукции, ч;

$\Phi_d$  – действительный фонд рабочего времени.

$$T_t = N * T \quad (3.16)$$

где,  $T$  – длительность одной операции, ч:

$N$  – годовая программа выпуска продукции, шт.

Операция 005

$T=17,56$

$N= 200$  шт

$$T_r = 200 \cdot \frac{17,56}{60} = 58,5 \text{ ч.}$$

$\Phi_H$  – номинальный фонд рабочего времени при работе в одну смену равен 1987 часов, найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени.

$$\Phi_D = \Phi_H - 5\% = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{58,5}{1871,5} = 0,03$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p} = \frac{0,03}{0,1} = 0,3$$

Операции 010

$$T=8,5$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{8,5}{60} = 28,3 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{28,3}{1871,5} = 0,01$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,01}{0,1} = 0,1$$

Операции 015

$$T=55,11$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{55,11}{60} = 183,7 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{183,7}{1871,5} = 0,09$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p} = \frac{0,09}{0,1} = 0,9$$

Операции 020

$$T = 3,38$$

$$N = 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{3,38}{60} = 11,2 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{11,2}{1871,5} = 0,005$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p} = \frac{0,005}{0,1} = 0,05$$

Операции 025

$$T = 16,96$$

$$N = 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{16,96}{60} = 56,5 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{56,5}{1871,5} = 0,03$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования



$$K_3 = \frac{n_p}{n''_p} = \frac{0,03}{0,1} = 0,3$$

Операции 030

$$T=98,74$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{98,74}{60} = 329,1 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{329,1}{1871,5} = 0,17$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,2$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{n_p}{n''_p} = \frac{0,17}{0,2} = 0,8$$

Операции 035

$$T=10,55$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{10,55}{60} = 35,16 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{35,16}{1871,5} = 0,01$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{n_p}{n''_p} = \frac{0,01}{0,1} = 0,1$$

Операции 040

$$T=151,19$$

$$N = 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{151,19}{60} = 503,9 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{503,9}{1871,5} = 0,26$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,3$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,26}{0,3} = 0,8$$

Операции 045

$$T = 3,38$$

$$N = 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{3,38}{60} = 11,2 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{11,2}{1871,5} = 0,005$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,005}{0,1} = 0,05$$

Операции 050

$$T = 10,7$$

$$N = 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{10,7}{60} = 35,6 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{35,6}{1871,5} = 0,01$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,01}{0,1} = 0,1$$

Операции 055

$$T=216,04$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{216,04}{60} = 720,1 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{720,1}{1871,5} = 0,38$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,4$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,38}{0,4} = 0,9$$

Операции 060

$$T=36,23$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{36,29}{60} = 120,7 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{120,7}{1871,5} = 0,06$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,06}{0,1} = 0,6$$

Операции 065

$$T=450,58$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{450,58}{60} = 1501,9 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{1501,9}{1871,5} = 0,8$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,8}{1} = 0,8$$

Операции 070

$$T=20,66$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{20,66}{60} = 68,8 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{68,8}{1871,5} = 0,03$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,03}{0,1} = 0,3$$

Операции 075

$$T=368,6$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{368,6}{60} = 1228,6 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{1228,6}{1871,5} = 0,65$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,65}{1} = 0,65$$

Операции 080

$$T=15$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{15}{60} = 50 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{50}{1871,5} = 0,02$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,02}{0,1} = 0,2$$

Операции 085

$$T=28,39$$

$$N= 200 \text{ шт}$$

$$T_r = 200 \cdot \frac{28,39}{60} = 94,6 \text{ ч.}$$

$$\Phi_D = 1871,5 \text{ ч.}$$

$$n_p = \frac{94,6}{1871,5} = 0,05$$

Округлим  $n_p$  до большего значения и получим  $n_p = 0,1$

Найдем коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{0,05}{0,1} = 0,5$$

Определение состава числа рабочих:

Определим общее время необходимое для выполнения годовой продукции

$$\sum T_r = 17,56 + 8,5 + 55,11 + 3,38 + 16,96 + 98,74 + 10,55 + 151,19 + 3,38 + 10,7 + 216,04 + 36,23 + 450,58 + 20,66 + 368,6 + 15 + 28,39 = 1511,57 \text{ ч.}$$

$\Phi_n$  – номинальный фонд рабочего времени при работе в одну смену равен 1987 часов, найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени.

$$\Phi_d = \Phi_n - 12\% = 1733,6 \text{ ч}$$

$$P_{яв} = \frac{T_r}{\Phi_n} = 0,7$$

Примерное число рабочих  $P_{яв} = 0,7$

Определим количество рабочих списочных

$$P_{сп} = \frac{T_r}{\Phi_d} = 0,8$$

Примерное число рабочих  $P_{сп} = 8$

### 3.3.6 Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции

Согласно техническому заданию требования к надежности изделия разрабатываются в третьем отчетном периоде (технический проект). Однако, на этапе технического предложения необходимо провести проверку на реализуемость предложенной конструкции.

Расчет на прочность котла вагона цистерны:

Согласно "Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм" расчетное давление в котлах железнодорожных цистерн определяется как сумма давления паров жидкости или газа при расчетной температуре +50С и давления, создаваемого гидравлическим ударом:

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{пар}} + P_{\text{уд}}, \quad (3.17)$$

где  $P_{\text{расч}}$  - расчетное давление в котле;

$P_{\text{пар}}$  - давление паров жидкости;

$P_{\text{уд}}$  - давление, создаваемое гидростатическим ударом.

Величина расчетного давления от гидравлического удара принимается одинаковой по всей длине обечайки котла:

$$P = N_{\text{инер}} / S, \quad (3.18)$$

где  $N_{\text{инер}}$  - сила инерции жидкости, кН;

$S$  - площадь поперечной проекции днища, м.

$$S = \pi R^2, \quad (3.19)$$

где  $R$  - радиус котла, м.

$$N = N_m / m_{\text{бр}}, \quad (3.20)$$

где  $N$  - сила удара, приложенная к автосцепке, кН.  $N = 3500 \text{ кН}$ ;

$m_k$  - масса перевозимой жидкости, кН;

$m_{\text{бр}}$  - масса цистерны брутто, кН.

Согласно ПБ 03-576-03 гидравлическое испытание котлов должно производиться пробным давлением, определяемым по формуле:

$$P_{исп} = 1,25P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_{50}}, \quad (3.21)$$

где  $[\sigma]_{20}$ ,  $[\sigma]_{50}$  - допускаемые напряжения для материала котла при 20С и 50С, МПа.

Согласно ГОСТ 14249-89 допускаемые напряжения определяются по формуле:

$$[\sigma] = \eta \frac{R_e}{n_t}, \quad (3.22)$$

где  $\eta$  - поправочный коэффициент к допускаемым напряжениям.  $\eta=1$ ;

$R_e$  - минимальное значение предела текучести материала котла при расчетной температуре:  $R=275$  [МПа],  $R=235$  [МПа];

$n_t$  - коэффициент запаса прочности. Для рабочих условий 1,5, для условий испытаний 1,1.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.9, результаты расчета приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.9. - Исходные данные

Параметр	Величина			
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Масса перевозимой жидкости $m_k$ , кН	1040	961	796	962
Масса цистерны брутто $m_{бр}$ , кН	1234,30	1153,55	998,37	1165,17
Радиус котла $R$ , м	-	-	1.35	1,50
Давление от паров жидкости $P_{пар}$ , МПа	0,02	0,02	0,02	0,02



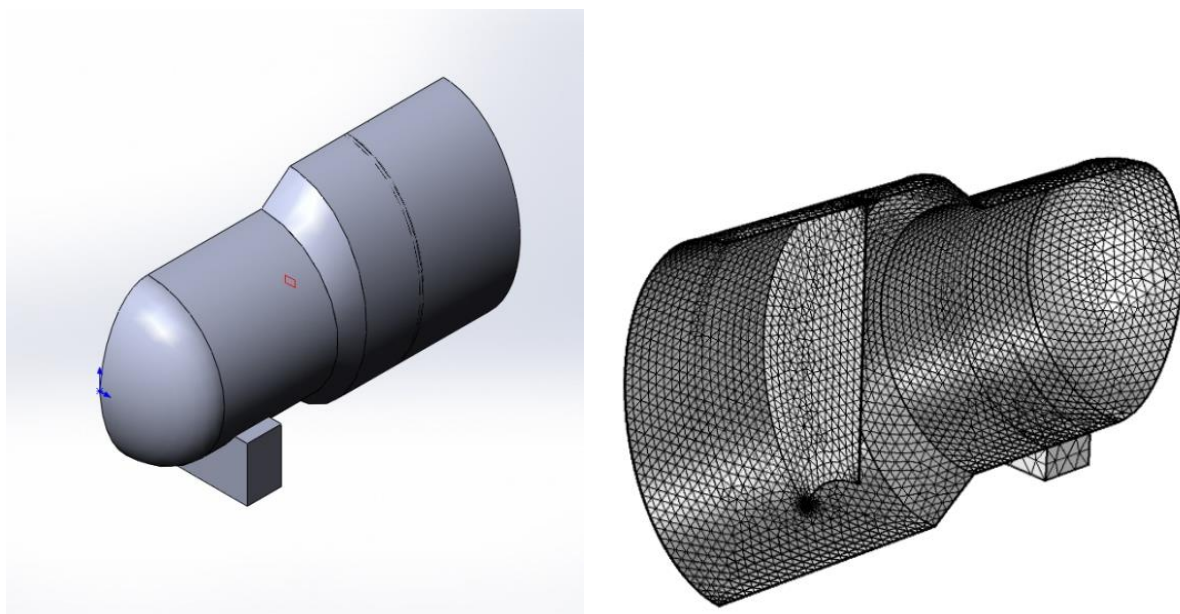
Таблица 3.10. - Результаты расчета

Параметр	Величина			
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Расчетное давление в котле, МПа	0,517	0,511	0,489	0,409
Допускаемые напряжения для рабочих условий, МПа	183			
Испытательное давление, МПа	0,758	0,749	0,717	0.600
Допускаемые напряжения при испытаниях, МПа:	250			
при 20С $[\sigma]^{20}$				
при 50С $[\sigma]^{50}$				
	213			

Определение напряжений в металле производили методом конечных элементов на основе системы Comsol Multiphysics.

Модуль механика конструкций Comsol Multiphysics предназначен для анализа напряженно деформированного состояния механических конструкций, на которые действуют статические и динамические нагрузки. Comsol Multiphysics предоставляет возможность использовать разработанные модели материалов, что позволяет учесть различные особенности материалов и условий испытаний.

Расчетные модели сформированы на основе твердотельной модели конструкций, разработанных в системе проектирования SolidWorks.



а)

б)

Рисунок 3.1 - Твердотельная (а) и конечно-элементная (б) модели котла вагона-цистерны по варианту 1

Для упрощения модели и снижения времени расчета использована четверть конструкции, с добавлением ограничений симметрии на соответствующие грани.

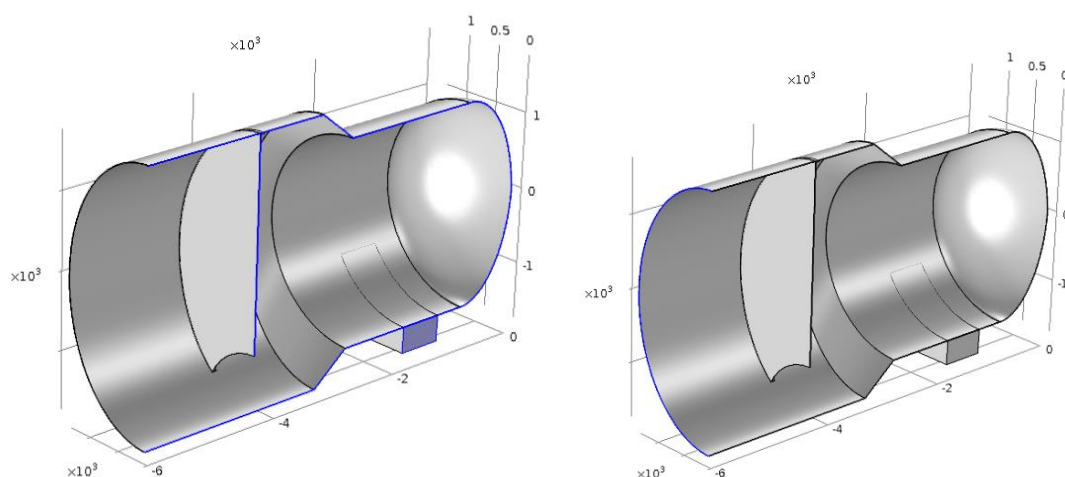


Рисунок 3.2 - Ограничение симметрии для расчетной модели котла вагона-цистерны

Нагрузка задавалась как давление на все внутренние поверхности (рисунок 3). Величина нагрузки выбиралась в соответствии с таблицей 3.

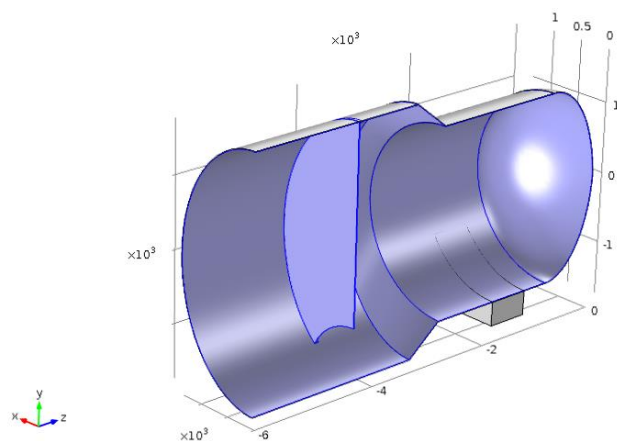
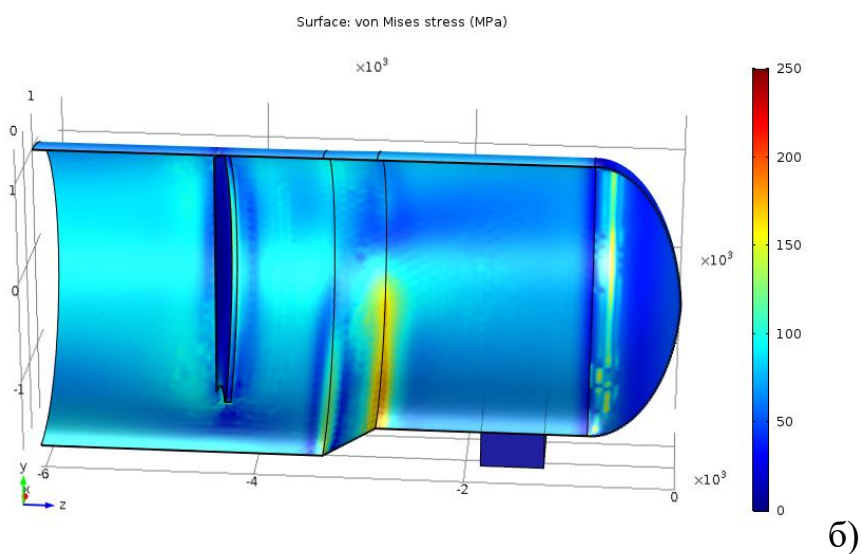
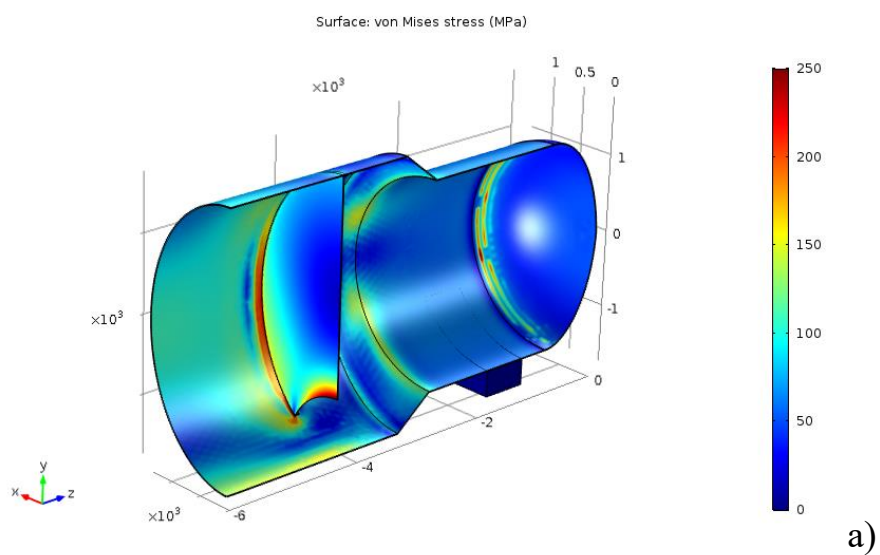


Рисунок 3.3. - Нагрузка в расчетной модели.

Расчетные модели других вариантов котла вагона-цистерны формировались аналогичным образом.

Результаты расчета приведены на рисунке 4 и таблице 5.



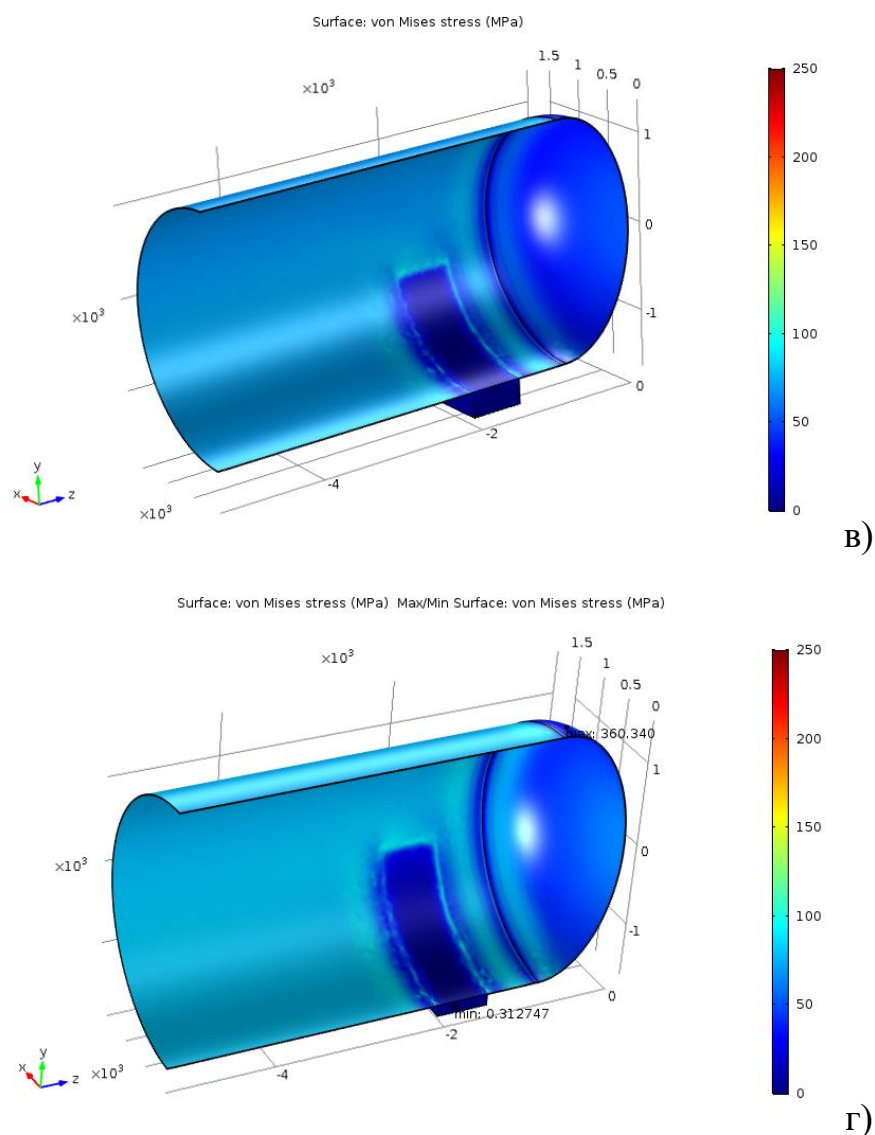


Рисунок 3.4. - Распределение напряжений по Мизесу: а) вариант 1; б) вариант 2; в) вариант 3; г) вариант 4

Таблица 3.11. - Результаты расчетов напряжений

Вариант исполнения модели	Максимальные напряжения в котле, МПа
1	260 (оболочка) 380 (перемычка)
2	178
3	98
4	130

В варианте исполнения 1 присутствуют области с существенным уровнем напряжений превышающих допустимые значения. Указанные

области расположены в месте крепления внутренней перемычки к котлу (260 МПа) и в центральной части внутренней перемычки (380 МПа). Для устранения указанного недостатка необходима топологическая оптимизация конструкции внутренней перемычки, при дальнейшей разработке.

Результаты расчетов вариантов котла вагона-цистерны представлены в виде напряжений их конструкциях, под действием внутреннего давления. Напряжения, возникающие в котле вагона-цистерны изображены на цветных рисунках в виде полей распределения (карты напряжений). Цветовая гамма полей на рисунках распределена таким образом, что каждому цвету, в который окрашены элементы, соответствует определенный уровень напряжений. К рисункам прикреплена цветовая легенда соответствия цвета и уровня напряжений. Для удобства в таблицу 5 сведены максимальные значения по каждому варианту исполнения.

Карты напряжений дают возможность оценить прочность конструкции, вариантов исполнения котла вагона-цистерны.

Таким образом, исходя из результатов выполненного расчета, можно сделать вывод, что варианты исполнения котла вагона-цистерны 2-4 удовлетворяют требованиям прочности.

### 3.4 Методы контроля

#### 3.4.1 Общие требования

Геометрические размеры и форму поверхностей следует измерять с помощью средств, обеспечивающих погрешность не более 30% установленного допуска на изготовление.

Габаритные размеры сосудов следует определять путем суммирования размеров входящих в них сборочных единиц и деталей.

Контроль качества поверхностей на отсутствие плен, закатов, расслоений, грубых рисок, трещин, снижающих качество и ухудшающих товарный вид, следует проводить путем визуального осмотра.

Браковочный признак устанавливают на основании требований соответствующего стандарта или проектной документации.

Контроль качества сварных соединений следует проводить следующими методами:

- Визуальным осмотром и измерительным контролем;
- механическими испытаниями;
- испытанием на стойкость против межкристаллитной коррозии;
- металлографическими исследованиями;
- стилоскопированием;
- ультразвуковой дефектоскопией;
- радиографией;
- цветной или магнитопорошковой дефектоскопией;
- другими методами (акустической эмиссией, люминесцентным контролем, определением содержания ферритной фазы и др.), если необходимо.

Опираясь на ГОСТ Р 52630-2012 для разрабатываемого котла вагона-цистерны были выбраны три метода контроля сварных соединений:

- 1 Визуальный и измерительный контроль сварных соединений.
- 2 Радиографический и ультразвуковой контроль сварных соединений.
- 3 Испытания на прочность и герметичность.

#### 3.4.2 Визуальный и измерительный контроль сварных соединений

Визуальный контроль и измерение сварных швов необходимо проводить после очистки швов и прилегающих к ним поверхностей основного металла от шлака, брызг и других загрязнений.

Обязательному визуальному контролю и измерению подлежат все сварные швы в соответствии с ГОСТ 3242 для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

#### 3.4.3 Радиографический и ультразвуковой контроль сварных соединений

Для выявления внутренних дефектов сварных соединений следует применять методы неразрушающего контроля, в которых используют проникающие физические поля: радиографический, ультразвуковой.

Ультразвуковую дефектоскопию сварных соединений следует проводить в соответствии ГОСТ 14782 и НД.

Радиографический контроль сварных соединений следует проводить в соответствии с ГОСТ 7512 и НД.

#### 3.4.4 Испытания на прочность и герметичность

Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления.

Гидравлические испытания следует проводить, как правило на предприятии-изготовителе.

Гидравлические испытания сосудов, транспортируемых частями и собираемых на месте монтажа, допускается проводить после их изготовления на месте установки.

Так же испытание сосудов следует проводить с крепежом и прокладками, предусмотренными в технической документации.

### 3.5 Результаты проведенного исследования

В результате выполнения выпускной квалификационной работы смоделированы:

- Котел вагона цистерны предназначенный для перевозки пищевых продуктов
- Специальный стенд предназначенный для сборки и сварки котла вагона-цистерны

Используя марочник сталей подобраны материалы для изготовления котла.

Произведен инженерный расчет, расчет режимов сварки, расчет основных элементов производства, по результатам расчетной части подобрано оборудование, разработан технологический процесс. По данным технологического процесса спроектирован участок сборки-сварки котла вагона-цистерны.



В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов того исследования и открытия бизнеса. Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет

Тема выпускной квалификационной работы «разработка технологии и проектирование участка сборки и сварки котла вагона-цистерны» по результатам расчетных данных необходимо указать общую сумму инвестиций для строительства участка и запуска производства.

В связи с выше указанной задачи были произведены расчеты:

- Капитальных вложений на сварочное оборудование;
- Капитальных вложений на сборочно-сварочное приспособление и оснастку;
- Капитальных вложений в здание;
- Затрат на сварочное оборудование.

Так как данная работа направлена на создание технологического процесса сборки и сварки котла вагона-цистерны, дополнительно рассчитаны:

- Затраты на металл идущий на изготовление изделия;

#### 4.1. Определение капитальных вложений в сварочное оборудование

Таблица 4.1-Оптовые цены сварочного оборудования

Наименование	Количество	Цена, руб
Стенд сборочный для приварки днищ к обечайкам	1	5000000
Стенд для сварки эллиптических обечаек	1	8000000
Итоговая стоимость	2	13000000

#### 4.2. Определение капитальных вложений на сборочно-сварочное приспособление и оснастку

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было спроектировано специальное приспособление.

Данным приспособлением является порталная установка с контователями предназначенная для общей сборки и сварка котла вагона-цистерны

Таблица 4.2 - Капитальные вложения в приспособление

Наименование	Количество	Цена, руб
Контователь	2	3000000
Сварочная головка с пневматическим механизмом	1	750000
Портальная установка	1	100000
Рельсы	2	50000
Итог	6	3900000

#### 4.3. Определение капитальных вложений в здание

Так как основной задачей выпускной квалификационной работы является «разработка технологии и проектирование участка сборки и сварки котла вагона-цистерны» было спроектировано здание предназначенное для данного типа производства.

Таблица 4.3 - капитальных вложений в здание

Наименование(материалы, устройства, элементы)	Цена, руб
Метало-каркас	23226588.00
Устройство ленточных фундаментов	1959804.00
Устройство полов	6338640.00
Монтаж метало-каркаса	4268960.00
Обшивка здания	16298028.00
Фасонные элементы	1433740.00
Итоговая стоимость	51123667.00

#### 4.4. Определение затрат на сварочные оборудование

На спроектированном участке сборки и сварки котла вагона-цистерны были выбраны сварочные аппараты марки MAXI 4000 ES, так как данные аппараты подходят по характеристикам под данный тип производства.

Сварочным автоматом был выбран автомат марки ЭСВФ ТС-16-2 так как данный автомат хорошо себя зарекомендовал при выполнении работ с большим количеством выпускаемых изделий данного типа.

Особенности ЭСВФ ТС-16-2:

- Сварка соединений встык с разделкой и без разделки кромок
- Сварка с копирами и без копиров, угловых швов, нахлесточных соединений, а так же сварку в «лодочку»

- Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми
- В процессе работы трактор передвигается по изделию или по уложенной на нем направляющей линейке

Таблица 4.4 - Затраты на сварочное оборудование

Наименование (марка)	Количество	Цена, руб
Сварочный аппарат MAXI 4000 ES	6	1320000
Сварочный автомат ЭСВФ ТС-16-2	3	555900
Итоговая стоимость	9	1875900

#### 4.5. Затраты на металл идущий на изготовление изделия

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле:

$$C_M = m_M \cdot k_{Т.З.} \cdot C_M, \text{руб./изд.}$$

где  $m_M$  – норма расхода материала на одно изделие, кг;

$k_{Т.З.}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов  $k_{Т.З.}=1,04$

$C_M$ - средняя оптовая цена стали 09Г2С, 12Х18Н10Т.

- для стали 12Х18Н10Т  $C_M = 56 \text{ руб./кг}$ , при  $m_M=6940 \cdot 1,4= 9716 \text{ кг}$

- для стали 09Г2С  $C_M = 44 \text{ руб./кг}$ , при  $m_M=6942 \cdot 1,4=9718.8 \text{ кг.}$ ;

$$C_M=1,04 \cdot (9718.8 \cdot 44 + 9716 \cdot 56) = 1010492 \text{ руб/изд.}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.5

Таблица 4.5 - Результаты расчетов

Наименование (затраты; вложения)	Цена, руб
Оптовая цена сварочного оборудования	13000000
Капитальные вложения в приспособление	3900000
Капитальных вложений в здание	51123667
Затраты на сварочное оборудование	1875900
Затраты на металл идущий на изготовление изделия	1010492
Итоговая стоимость проекта	70910059

В итоге на реализацию данного проекта потребуется 70910059 рублей. Были определены оптовые цены на сварочное оборудование, рассчитаны капитальные вложения направленные на разработку и сборку приспособления. Произведен расчет капитальных вложений в здание, учтены затраты на сварочное оборудование которое предполагается использовать в спроектированном цехе. Так же дополнительно рассчитаны затраты на металл идущий на изготовление котла вагона-цистерны. Подведен итог требуемой суммы для реализации данного проекта [14].

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Описание рабочего места

На разрабатываемом участке будет производиться общая сборка и сварка котла вагона-цистерны. При изготовлении котла осуществляются следующие операции: сборка и сварка механизированная в среде углекислого газа и аргона, слесарные операции.

При изготовлении основания на участке используется следующее оборудование:

-промышленный сварочный аппарат MAXI 4000 ES        3 шт

-приспособление сборочно-сварочное    3 шт

Перемещение изделия производят краном мостовым  
грузоподъемностью 10 т.

Котел вагона-цистерны является сложной сварной конструкцией и выполняет функцию перевозки пищевых продуктов разных видов.

Масса котла составляет 6942,11 кг.

В качестве материала для данного котла была выбрана двухслойная сталь марки (09Г2С+12Х18Н10Т). Сварка производится в смеси Ar (82 %) + CO<sub>2</sub> (18 %) сварочной проволокой Св-08ГСМТ диаметром 1,2.

Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также восьмью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2шт.) автомобильным транспортом, также через одни ворота проложено железнодорожное полотно, т.е. имеется возможность

доставки и вывоза грузов железнодорожным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью  $S = 3000 \text{ м}^2$ .

## 5.2. Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профдеятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- положений «Стандартов безопасности труда»; - законов о труде РФ;
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- типовых инструкций по ОТ;
- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);
- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по

производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся:

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.
2. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.
3. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.
4. ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.



5. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.

6. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.

7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.

8. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

9. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.

10. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

### 5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении сварки на работников участка могут воздействовать вредные и опасные производственные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла; производственный шум; статическая нагрузка на руку; электрический ток.

1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до  $180 \text{ мг/м}^3$

пыли с содержанием в ней марганца до 13,7 процентов, а также  $\text{CO}_2$  до  $0,5 \div 0,6$  процентов;  $\text{CO}$  до  $160 \text{ мг/м}^3$ ; окислов азота до  $8,0 \text{ мг/м}^3$ ; озона до

0,36мг/м<sup>3</sup>; оксидов железа 7,48 г/кг расходуемого материала; оксида хрома 0,02г/кг расходуемого материала.

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью—более 90% частиц, скорость витания частиц < 0,1 м/с.

Источником выделения вредных веществ также может быть краска, грунт или покрытие, находящиеся на кромках свариваемых деталей и попадающие в зону сварки. Для уменьшения выделения вредных веществ поверхности свариваемых деталей должны при необходимости зачищаться от грунта и покрытия по ширине не менее 20 мм от места сварки.

Автотранспорт, который используется для перевозки готовых изделий, выбрасывает в атмосферу цеха опасные для здоровья рабочих вещества, к ним относятся: свинец, угарный газ, бенз(а)пирен, летучие углеводороды.

На участке сборки и сварки изготовления котла вагона-цистерны применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом — зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой, приближено к источнику выделений. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть 0,2÷0,5 метров в секунду.

Определим необходимый объём воздуха L, удаляемый от местных отсосов по формуле [15]:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V \quad (5.1)$$

где F – суммарная площадь рабочих проемов и неплотностей, м<sup>2</sup>;

V – скорость всасывания воздуха на рабочем участке, м/с; V = 0,5 м/с. L = 3600·0,08·0,5 = 144 м<sup>3</sup>/с.

Из расчета видно, что объём воздуха удаляемый от местных отсосов составляет L= 144 м<sup>3</sup>/с.

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный FUK-1800/СП с двигателем типа АДМ63В2У2, мощностью 0.55 кВт.

## 2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- МАХІ 4000 ES;
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ( $m = 2$  кг) ГОСТ 2310 - 77, шабер, машинка ручная шлифовальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364 – 80, молоток рубильный МР – 22.

Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран мостовой и кран - балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [15].

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения. Вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие основания с резиновыми амортизаторами для агрегатов с эластичной муфтой к вентиляторам, а вентиляторы следует устанавливать в отдельные звукоизолирующие помещения с обшивкой двумя слоями гипс волокнистых листов с каждой стороны.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

## 3. Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в

Результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории

физических работ средней тяжести с энергозатратами  $172 \div 293$  Дж/с ( $150 \div 250$  ккал/ч) [15].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление.

### 5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке

Для освещения используем газораспределительные лампы, имеющие высокую светоотдачу, продолжительный срок службы, спектр излучения люминесцентных ламп близок к спектру естественного света. Лампы устанавливают в светильник, осветительная арматура которого должна обеспечивать крепление лампы, присоединение к ней электропитания, предохранения ее от загрязнения и механического повреждения. Подвеска светильников должна быть жесткой.

Система общего освещения сборочно-сварочного участка должна состоять из 28 светильников типа С 3-4 с ртутными лампами ДРЛ мощностью 250 Вт, построенных в 4 ряда по 7 светильника.

## 5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

1. Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи

Расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками.

Лучистый поток теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

Тепловая радиация на рабочем месте может в целом составлять 0,5-6 кал/см<sup>2</sup>·мин.

## 2. Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень

средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Щиток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покрой, а брюки необходимо носить навыпуск.

### 3. Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003 – 81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

Электробезопасность. На участке сборки и сварки применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы (4 шт.)

длиной 2,5 метра и диаметром 40 мм.

Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 40м.

На участке используется контурное заземление – по периметру площади размещают оценочные заземлители.

Для связи вертикальных заземлителей используют полосовую сталь сечением 4х12 миллиметров.

#### 5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой). Защита от движущихся механизмов.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м.;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м<sup>2</sup>.;
- при эксплуатации подъемно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- правильная фиксация основания на приспособлениях, а также контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

## 5.5 Охрана окружающей среды

### 1. Охрана воздушного бассейна

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязненного воздуха. Установка для

улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого на участке сборки и сварки котла вагона-цистерны ФЮРА 00001.062.00.000.СБ используют масляные фильтр для очистки воздуха от пыли по ГОСТ Р 51251-99. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной пленкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95÷98 процентов.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 процентов вредных веществ для рабочей зоны [15].

### 2. Охрана почв и утилизация промышленных отходов.

На проектируемом участке сборки и сварки основания предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается [15].



## 5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

Разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОХП-10 (для тушения начинающегося пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

## 5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Проект вытяжной вентиляции.

На участке сборки и сварки применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

В холодный и переходной периоды года при категории работ Пб – работы средней тяжести оптимальные параметры, следующие: температура от плюс 17 до минус 19°C; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,3 м/с. В теплый период года: температура 20÷22° С; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,4 м/с.

Для поддержания необходимой температуры применяется центральное отопление.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе разработан участок сборки-сварки котла вагона цистерны.

Для сборки-сварки котла вагона-цистерны разработан специальный стенд, при внедрении данного стенда в производство значительно сократится время на общую сборку.

Согласно созданному технологическому процессу подобраны материалы из которых предполагается изготавливать котел вагона-цистерны, подобраны режимы и оборудование.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитана общая сумма для реализации данного проекта .

1. Публикации Статьи в российских и зарубежных изданиях, не входящих в базы данных Доклады на международных конференциях 1 Габитов Э. К. , Деменкова Л. Г. Химический состав нержавеющей сталей // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 4-5 Июня 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 114-116
2. Габитов Э. К. Развития способов дуговой наплавки // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи. В 2-х томах, Юрга, 7-9 Апреля 2016. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 83-84
3. Габитов Э. К. , Садыров Р. К. Способы сварки, обеспечивающие глубокое проплавление // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VII Всероссийской научнопрактической конференции для студентов и учащейся молодежи. В 2-х томах, Юрга, 7-9 Апреля 2016. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 85-87 Статьи в научной периодике, индексируемой международными базами данных (Web of Science, Scopus и др.)

## Список литературы

1. Цистерны [Электронный ресурс]: Учебно-образовательный портал – Режим доступа: <http://vse-lekcii.ru/zheleznodorozhnyj-transport/vagony/cisterny> – Дата обращения - 14.11.2017. – Загл. с экрана.
2. Цистерны [Электронный ресурс]: Учебно-образовательный портал – Режим доступа: <http://vse-lekcii.ru/zheleznodorozhnyj-transport/vagony/cisterny> – Дата обращения - 14.11.2017. – Загл. с экрана.
3. Технология изготовления котла цистерны [Электронный ресурс]: Информационный портал – Режим доступа: <http://www.aswn.ru/tehnologkotel> - Дата обращения - 10.11.2017. – Загл. с экрана.
4. Кисаримов Р. А. Справочник сварщика. - М.: ИП РадиоСофт, 2007. - С. 288.
5. Марочник сталей и сплавов / Колосков М.М., Долбенко Е.Т., Коширский Ю.В. и др.; под общей М28 ред. Зубченко А.С. - М.: Машиностроение. - 2001. - С. 627.: ИЛЛ.
6. Костин А. М. Сварочные материалы. - «НУК». - 2004. С. 225.
7. Васильев В. И., Ильященко Д. П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением - Издательство ТПУ, 2008г. - С. 96.
8. Томас К. Н., Ильященко Д. П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» - 2011. - С. 247
9. Федько В.Т. Дуговая сварка плавлением: Учебное пособие.- Томск: Изд-во Том. Ун-та, 1994. – 241с.
10. Сварочные аппараты [Электронный ресурс]: Учебно-образовательный портал – Режим доступа: <http://www.cedo.ee/index.php?page=145> – Дата обращения – 22.05.2018. - Загл. с экрана.

11. Маслов Б. Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении / Учеб. пос. для вузов. - М.: Академия. - 2008. - С. 272.
12. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500 «Оборудование и технология сварочного производства».-Томск: Изд. ЮФТПУ. - 2000. - С.24с.
13. Азаров Н. А. Конструирование и расчет сварочных приспособлений Томск, ТПУ. - 2009. - С.48
14. О. Н. Жданова. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500 «Оборудование и технология сварочного производства» -Юрга; ИПЛ ЮТИ ТПУ. - 2005. - С.32.
15. Куликов О. Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия. - 2006. - С.176